·综述与专论·

人因工效学在老年智慧照护中应用的研究进展

高艺恬，周婉琼，刘婧，田静，汪秋伊，周兰姝*

【摘要】 随着老龄化形势日益严峻，如何顺利开展老年智慧照护服务已成为重要议题，人因工效学为老年智慧照护带来了有效的保障和崭新的机遇。基于此本研究从人因工效学的概念出发，总结了人因工效学在老年智慧照护领域的研究现状和应用进展，人因工效学通过考虑老年人独特的认知、感知、肢体功能以及动机特点，使智慧照护产品的设计更贴近老年人群的需求、营造更舒适且便捷的智慧照护环境。未来，在通过人因工效学对智慧照护的软硬件设施优化和创新的基础上，研究者更应注重设计的普适性和严谨性，融合人因工效学特色，为老年人群提供高安全、高便利、高现代化的智慧养老服务。

【关键词】 人因工效学；智慧照护；老年人；养老；综述

【中图分类号】 R 161.7 【文献标识码】 A DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2023.0060

高艺恬，周婉琼，刘婧，等.人因工效学在老年智慧照护中应用的研究进展［J］.中国全科医学，2023.［Epub ahead of print］.［www.chinagp.net］

GAO Y T，ZHOU W Q，LIU J，et al. Research progress on the applicaion of human factors ergonomics in intelligent care for the elderly［J］. Chinese General Practice，2023.［Epub ahead of print］.

Research Progress on the Applicaion of Human Factors Ergonomics in Intelligent Care for the Elderly

GAO Yitian，*ZHOU Wanqiong*，*LIU Jing*，*TIAN Jing*，*WANG Qiuyi*，*ZHOU Lanshu**

Department of Nursing Clinical Nursing Teaching and Research，*Naval Medical University*，*Shanghai* 200433，*China*

**Corresponding author*：*ZHOU Lanshu*，*Professor/Doctoral supervisor*；*E-mail*：*zhoulanshu@hotmail.com*

【Abstract】 With the increasing aging situation，how to successfully carry out intelligent care for the elderlyhas become an important issue，and ergonomics brings effective guarantee and new opportunities for intelligent care for the elderly. Based on the concept of ergonomics，this paper summarizes the current research status and application progress of ergonomics in the field of intelligent care for the elderly. By considering the unique cognitive，perceptual，physical function and motivational characteristics of the elderly，ergonomics makes the design of intelligent care products closer to the needs of the elderly and creates a more comfortable and convenient intelligent care environment. In the future，based on the optimization and innovation of hardware and software facilities of intelligent care through ergonomics，researchers should pay more attention to the universality and rigor of design，and integrate the characteristics of ergonomics，in order to provide high safety，convenient，and modernizedintelligentcare for the elderly.

【Key words】 Human factors ergonomics；Intelligent care；Aged；Provide for the aged；Review

当前，老龄化形势日益严峻，预计到2050年60岁以上的人口占比将增加到22%[1]。日益增加的老年人口和平均期望寿命的延长使得老年照护负荷不断增加，给个人、家庭和社会造成沉重负担，老年照护已成为亟需解决的社会问题[2]。老年智慧照护以互联网、物联网、大数据、云计算、人工智能等信息技术为支撑，为老年人提供高效快捷、智能化的智慧健康养老服务[3]，有助于提高老年人生活质量、减轻老年照护负担。然而，众多老年人因“难用”“不好用”“不会用”而不愿接受智慧照护服务[4]，人因工效学的加入，结合老年人的生理和心理特点，考虑其能力和局限性，设计开发适合老年人的智慧服务平台和产品，为老年智慧照护带来了崭新的机遇。目前人因工效学与老年智慧照护的结合仍处于积极探索中，本研究对人因工效学在老年智慧照护中的应用进行综述，以期为进一步研究应用提供参考。

本文文献检索策略：采用主题词与自由词相结合进行文献检索，根据各数据库要求调整检索策略。以“人因工效学”“人的因素”“人机工程学”“人体工程

基金项目：国家社会科学基金重大项目（21&ZD188）——人口老龄化背景下的残疾预防策略与应用研究

200433 上海市，中国人民解放军海军军医大学护理系临床护理教研室

*通信作者：周兰姝，教授/博士生导师；

E-mail：zhoulanshu@hotmail.com

本文数字出版日期：2023-03-28

学”“工程心理学”“人类工效学”“人类工程学”“人因与工效学”“老年”“智慧照护”“智慧养老”为中文关键词检索中文数据库，包括中国生物医学文献数据库（CBM）、中国知网（CNKI）、维普网（VIP）及万方数据知识服务平台（Wanfang）；以“Human factors engineering”“Human factors”“Ergonomics and human factors”“the elderly”“intelligent care”“smart aging”为英文关键词检索外文数据库，包括PubMed、Web of Science、CINAHL及Embase；检索时间为建库至2022年11月。纳入标准：（1）含人因工效学在老年智慧照护中研究进展的相关文献；（2）论点真实可靠，与研究主题高度相关；（3）尽量以近10年文献作为参考文献。排除标准：（1）重复发表或翻译的文献；（2）会议摘要或无法获取全文的文献；（3）与研究主题不相关的文献。

1 人因工效学概述

1.1 人因工效学的定义 人因工效学又称人的因素、人机工程学、人体工程学、工程心理学、人类工效学、人类工程学、人因与工效学，是一门涉及生理学、心理学、人体测量学、社会学、计算机科学等多个领域的综合性学科，其基本理论是将人–机–环境视为一个整体系统，以人为核心、充分考虑人的生理和心理特征，从而获得系统的最高综合效能[5]。国际工效学联合会（International Ergonomics Association，IEA）将人因工效学定义为：“人因工效学是研究人在某种工作环境中的解剖学、生理学和心理学等方面的各种因素；研究人和机器及环境的相互作用；研究在工作中、家庭生活中和休假时怎样统一考虑工作效率、人的健康、安全和舒适等问题的学科[6]。”简而言之，人因工效学是通过研究人的特性来优化人、机器、环境之间的作用，使人能够安全、舒适、健康、高效地完成各种工作或活动。

1.2 人因工效学的起源 “工效学”这一词语最早源自1857年，波兰人Jastrzebowski使用工效学强调劳动应花最小的力气获取最丰硕的成果[7]。1927—1932年芝加哥的霍桑工厂进行了6项关于员工在不同工作条件下表现的试验[8]，研究结果显示，试验期间员工的生产力提高了，却在试验结束时恢复正常。当时的研究者将生产率的提高归因于这段时间工作场所环境中的实验环境。并赋予这是管理史上具有划时代意义的事件，其推翻了既往把人看成“经济人”的假设，为管理学开辟了一个新领域，推动各界开始重视人的特性、研究人的行为。随着世界大战的爆发与推进，各国开始意识到将“人”与作战“机器”适配的重要性[9]，由此，人因工效学正式在军事领域诞生，这是人因工效学发展过程中的一个重要里程碑。1949年英国率先成立人类工效学研究协会，人因工效学从军事领域走出，不断延伸至民用器械、航空制造等领域，提高了产品安全性、缩短了开发时间，并在市场上带来了竞争优势[10]。20世纪60年代开始，人因工效学在国际上得到迅速发展，尤其受到发达国家的高度重视，极大地促进了工业化进程[11]。20世纪90年代以来，随着我国科技的兴起和工业化水平的提高，人因工效学在国内进入快速发展时期[12]。人因工效学在医疗领域的应用，最早可追溯到19世纪末著名的弗雷德里克·温斯洛·泰勒铁锹实验，该时期主要关注人、工具与生产效率之间的相互作用[13]。1999年美国医学研究所出版《孰能无过：构建一个更安全的医疗系统》中指出，人的因素与病患死亡率高度相关，开始重视人的因素在医疗保健系统中的重要意义，标志着人因工效学在医疗领域的正式兴起[14]。2012年举办首届国际医疗人因学专题研讨会，旨在进一步加强医学与人因工效学的融合，拓宽医学人因工效学教育和研究的国际视野，共同促进医学人因工效学学术研究的繁荣与发展[15]。基于国内外大量的研究和应用，人因工效学形成了比较完整的学科体系，使得其发展成为一门独特的新兴学科[16]，其内容涵盖人类生活活动相关的各个领域，在航空航天、交通运输、医疗保健、产品设计等方面广泛应用。

2 人因工效学在老年智慧照护中的应用现状

老年人在衰老过程中各项身体功能的退化是不可避免的，与年轻人群存在很大差异[17]。同时，随着年龄的增长、活动范围局限，老年人极易出现孤独感、依赖感、情绪敏感等负面心理现象[18]。由于老龄化特点，众多老年人面对智慧照护服务时存在“搞不懂”“摸不透”“不接受”等情况，如KIM等[19]的调查结果显示尽管老年人有兴趣使用智能手机或电脑来管理健康信息，但超过75%的人表示他们需要反复帮助来学习如何使用智能设备，极大地限制了智慧养老事业的发展。因此，从老年人特性出发，充分考量老年人的生理和心理特点，开发设计适合老年人需求的智慧照护服务至关重要。人因工效学与老年智慧照护的结合，旨在帮助老年人群更加便利舒适地完成各种活动，从而提高智慧照护服务的整体效能，为老年人提供高效、便捷、优质的智慧照护服务[20]。

2.1 基于“老年人特征”的研究应用 现有研究表明，老年人使用信息化服务的老龄化障碍主要体现在4个方面[21]：（1）认知障碍，如记忆力下降、注意力减退、执行力降低等，易导致老年人使用智能产品时存在困难，降低其自我认同感；（2）感知障碍，如视力模糊、听力下降等，不利于老年人浏览智能软件页面信息，影响其社交沟通能力；（3）肢体功能障碍，如肌力减弱、灵活性降低，对日常出行活动造成了极大的不便，出行是老年人维持日常活动的保证以及与社会联系的重要途

径；（4）动机障碍，如学习新事物动力缺乏，严重降低老年人学习或接受智慧照护服务的热情，不利于其生活品质的提高。人因工效学通过探究老年人群独特的老龄化障碍特点，发现其能力和局限性，有利于智能产品的开发设计、适老环境的布局改善，为老年人提供更舒适、更全面的智慧照护服务。

2.1.1 应对认知障碍 认知衰老障碍与老年人注意力、记忆力、理解力或空间认知能力等方面能力的下降有关[22]，这些能力的衰退可能对智慧照护服务的顺利开展产生负面影响。例如，MOREY 等[23]在老年人移动应用程序使用情况调查中发现，老年人群由于认知功能水平下降常需要更多的时间来学习新的知识或技能，导致困惑、沮丧心理甚至是抵触情绪。因此，越来越多的学者重视应用人因工效学在开展适老化智慧照护服务中的重要意义。

RYAN 等[24]针对老年人群在使用平板电脑等智能产品时难以理解“繁琐”的操作流程及界面的问题，结合人因工效学对操作流程进行分解并简化产品界面，使老年人能更好地理解并应用智能产品。一项英国的研究对老年人在线诊断的过程以及结果预测的准确性进行模拟，发现老年人对功能繁多的就诊页面存在网页操作不畅等困难，由此对在线诊断的设计提出了网页改良、协调在线症状信息处理和诊断策略的关系，操作简单温馨的页面、适配的诊疗信息更贴合老年人的思想和行为模式，为老年人提供了舒适、便捷的就医体验[25]。

以上研究表明，人因工效学通过探究老年人认知衰老趋势，结合其认知特点，有助于开展适老化的智慧照护服务，提升老年人的生活质量和社会功能。针对老年人理解能力及学习能力等方面的下降特点，对老年人智能照护产品界面进行简化，使其便于使用和操作理解，提升其生活自理能力，促进健康老龄化的发展。值得注意的是，WHO 指出尽管高龄常导致认知受损，但这种变化并不是不可避免的，推广疾病认知对预防和治疗认知障碍具有重要意义[26]。因此，建议未来研究者在重视结合人因工效学改进认知衰退老年人智慧照护服务需求的同时，应顺应新时代数据健康的新需求，如基于云平台、微信公众号等进行知识普及，提供信息化健康教育模式。

2.1.2 应对感知障碍 随着年龄的增长，老年人的感知障碍尤其是视力和听力随着时间推移而衰退，导致其生活能力下降，难以从事日常的社交活动，加重智慧照护困难[27]。此外，研究表明存在视听障碍的老年人使用计算机和互联网等设备的频率会降低，当前数字化传播时代日渐发展，智能设备使用障碍不仅影响老年人群的基本需要，还会打击其自信心，降低其生活独立性[28]。

在听力障碍方面，国内的一项耳部相关研究发现耳廓及耳形会随着年龄的增长而变化，因此在耳部可穿戴设备研发制造时，将性别、年龄、用户背景等要素作为必要考虑方面，以更好地实现人和机器的交互适配，为老年听力障碍患者提供更优质的服务[29]。在视力障碍方面，FUGLERUD 等[30]结合人因工效学为有视觉障碍的老年人设计了一套 Ezi-Pad 和 EziSmart 应用程序，通过简化手机界面、设置大号字体等措施以减轻老年人在使用智能手机时存在的困难。

视听障碍给老年人的生活社交带来极大地不便，容易造成老年人自卑、孤独等负面情绪的产生，导致老年人自我认同感低，影响智慧照护服务效果。从人因工效学角度研发针对老年人的个性化、操作友好、页面便捷的智能照护产品设备，应倾向于操作简单、内容通俗易懂、信息重点突出和“傻瓜式”设计，符合老年用户的特性需求、能够被顺畅使用。

2.1.3 应对肢体功能障碍 老年人群面临着慢病多发、机体各项储备功能减低的困扰，各项功能的衰退使得其体能弱化，导致肢体功能障碍如行动不便、关节僵硬、肌力减弱、平衡力下降、肢体震颤等问题[31]。杨飞等[32]研究表明，依托互联网技术开发的智能适老辅助用具能有效改善高龄老年人因肢体功能障碍问题导致的不便，帮助老年人进行身体锻炼、便捷其出行行动，减轻老年人心理压力、减轻照护负担，为智能适老建设奠定基础。

付昊[33]以人因工效学的六大原则安全性、多功能、可调性、系统性、适切性、标准化为指导，结合老年人的出行环境，设计了老年下肢锻炼助行器，在辅助老年人行动的同时做到锻炼下肢，集可用性、高效性和高满意度为一体。STASI 等[34]基于人体工程学开发设计了 McHeELP 程序，这是一种适用于老年人居家锻炼的新型锻炼计划工具，包括热身、平衡、感觉锻炼等 6 个方面，根据家庭场景、制定和实施易于管理的锻炼方案，有效提升了锻炼效果、减轻了老年人跌倒的发生率。此外，韩旭等[35]通过站姿和坐姿仿真分析，将老年轮椅改进为骑式的轮椅，研究发现骑式坐姿符合人机情感化设计，视平后老年人与他人交流可以更顺畅、更自信，给老人带来了更安全、更舒适的出行体验。

人因工效学的应用能充分考虑老年人的身体体格、肌肉状况等生理特点以及渴望操作简单易懂、安全性能强的智能适老辅具的需求，通过设计符合老年人特性的锻炼器材以及便于老年人出行的智能助行产品，延缓老年人身体功能衰退、提升老年人行动力。相关研究应在保证安全性的前提下，进一步开展高质量且大样本量的研究，设计出服务范围更广、普适性更强的智能适老辅助产品，为推进老年智慧照护服务顺利开展提供坚实的基础。

2.1.4 应对老年人动机障碍 研究表明，当老年人学习

或使用某项新事物的好处不明显时，会导致动机障碍即产生沮丧情绪、学习动力不足甚至是停止继续学习使用等[36]。提供高效便捷、舒心体贴的智慧照护服务，构建高现代化高智能化适老环境，是促进健康老龄化的一大照护内容。

为解决老年人就医难的问题，国内外多所机构以老年人为中心开展“老年友善医院”行动，现已取得了较好的进展和成效[37]。建设老年友善医疗机构，结合人因工效学从就诊接待、无障碍设备配置、物理环境布局等各个方面优化老年人就医环境，简化了老年人的就医流程、减轻老年人就医负担，为老年人提供了便捷、贴心的医疗服务。此外，刘敬东等[18]基于老年人对安全感、依赖感、舒适感以及归属感的需求对老年住宅进行设计，为老年人营造了安然温馨的养老环境同时其研究表明通过合理布局有助于预防突发事件的发生，为老年人居住环境的改进提供了新的参考。

积极应对人口老龄化，大力发展老龄事业，构建养老、敬老、孝老的社会环境已成为新时代共识。结合人因工效学进行环境场景的构建，物与人可以相互交流，实现独居老人“独处但不孤独”的目标，为老年人提供高安全且便利舒适的现代化适老环境[38]。

2.2　基于“护理人员特征”的研究应用　由于高龄老年人、失能老年人生活自理能力相对较低，智慧照护服务的顺利开展还需护理人员包括家庭护理人员和医护人员的协助。护理照护质量常决定了高龄及失能老年人能否获得相对高质量的生活品质，但老年护理工作负荷相对较重，影响护理人员的照护质量[39]。因此结合人因工效学对护理人员进行需求分析，考量其照护困难，设计便于操作的智慧照护产品，构建和谐的照护场景、营造良好的工作氛围，有助于减轻其照护负担，从而提高整体智慧照护服务质量。

2.2.1　基于“家庭护理人员特征”的研究应用　由于老年人多发病和残疾风险高的特点，家庭护理人员常需要协助老年人维持舒适体位或搬运老年人，每天几乎需要24 h提供护理，因此其工作负担较重，腰背痛发生率更高[39]。其腰背痛多因搬运重物时姿势不当或工作场所不当导致的人因工效学损伤。

一项关于老年人护理人员的随机对照试验证明，将人因工效学培训与促进身体资源的计划相结合、工作场所的设置符合省立便捷的原则可以有效减轻腰背痛[40]。袁乾等[41]研究表明，在搬运患者时根据患者体位及场景选择使用髋膝屈曲或下蹲位搬法可以有效减轻护理人员的腰部负担。此外，基于人机交互的可穿戴技术已被证明可通过监测或生物反馈来推动护理过程中不当行为姿势的改进[42]，在一定程度上减轻了家庭护理人员的照护负担。

家庭护理人员是高龄老年人、失能老年人的主要照护来源，为老年人提供衣食住行等多方面的长期照护，较重的照护负担严重影响其生活。结合人因工效学对家庭护理人员进行指导有助于降低照护疲劳、减轻肌肉劳损的发生，从而提高护理人员的工作满意度和照护质量。

2.2.2　基于“医护人员特征”的研究应用　2017年我国《“十三五”国家老龄事业发展和养老体系建设规划》中正式提出实施“互联网+”养老工程，基于政策的支持和科技的发展，以护士为主导的远程照护模式得到快速发展[43]。然而，对远程护理和卫生信息通信技术的安全性和质量的担忧会严重破坏其与传统医疗保健服务的整合。例如，由于担心不安全的护理过程或结局不佳，医疗专业人员报告对远程护理持保留态度的情况并不少见[44]。

人因工效学被认为是提升护士参与远程照护意愿、提高家庭护理安全结局和质量的有效保障[14]。人因工效学将远程照护服务概念化为一个整体的工作系统，结合护士的护理需求，对其进行专业化培训提高护士远程健康照护水平，同时为护士提供便捷的护理信息系统、营造良好的工作氛围，为远程照护的顺利发展保驾护航。目前，我国人口老龄化形式日益严峻，日益增加的老年人口、家庭规模的小型化以及居住方式的空巢化导致医疗保健负担加重。结合人因工效学积极应对人口老龄化，探索开展“互联网+护理服务”，提供实时、高效、个性化的医疗护理服务，有助于解决老年人行动不便、就医繁琐以及医疗资源短缺等问题，为老龄化社会提供了新的发展方向。建议未来相关研究者重视人因工效学在远程照护中的重要作用，进一步开展相关研究，为老年人提供更安全便捷且系统化的远程照护服务。

3　启示与展望

3.1　重视老年人身心特征，促进智慧照护服务安全高效开展　当前，我国还处于智慧照护模式的积极探索过程中，部分团队分享了其经验并反思了其不足，为后续的研究奠定了研究基础并提供了学术探讨的空间。然而，为了将人因工效学充分体现在智慧照护产品的设计中，研究者通常需要对老年人的行为和习惯特性进行全方位了解，并且进行反复的可用性测试，这样的过程通常是复杂且耗时的[45]，因此目前的研究多采用小样本设计来进行以保证实验的可行性且其调研的地域也相对局限，未来仍需进一步开展大样本量且高质量的研究来增加其普适性。智慧照护融合人因工效学的考量，从老年人的角度出发分析老龄化障碍因素、开发智慧照护产品、设计智慧照护环境，探索适老照护模式，有助于提高老年群体对智慧照护服务的接受度和满意度，使老年人的日常生活更舒适便捷[46]，这应成为本领域共同展望的方向。

3.2 关注护理人员特征，提升智慧照护服务质量 部分老年人尤其是高龄老人及失能老人还需他人协助照护，在保证系统中护理人员安全和舒适的前提下，着眼提高护理人员工作效率、减轻其工作负担，统筹考虑人－机器－环境的整体效能，使照护产品的设计符合人体工程学，如使用电动床移动器可以减少护理人员脊柱负荷，降低腰背痛发生率；工作环境的布局、物品的摆放符合人体操作习惯，提升智慧照护服务质量[47]。因此，在未来的研究中，学者们应重视护理人员在老年智慧照护中的重要作用，结合人因工效学以整体化的视角探究照护人员特性及需求，以减轻照护负担，提升老年智慧照护的质量。

3.3 结合人因工效学，探索学科交互的新思路 人因工效学是一门快速发展的新兴交叉学科，以人的因素为主要考量，以健康、安全、舒适的结局为导向，为老年智慧照护服务的顺利开展提供了有效保障。今后，相关研究者可以融合人因工效学特色，在保证智慧照护服务安全开展的前提下，着力于从老年人身心特性出发去设计智能养老产品、改善智慧照护环境；同时应加强对照护人员人体工程力学知识培训，使其用正确的姿势、消耗较小的能量，发挥较大的工作效能，为老年人群提供高安全、高便利、高现代化的智慧养老服务。此外，尽管人因工效学强调在应用中注重人－机－环境三者的交互作用，许多研究仍不能满足三个要素的同时考量，环境与人的交互性体现不强，因此在未来的研究中应更注重设计考量的全面性和严谨性。

4 小结

综上所述，人因工效学的到来，突出人的因素在智慧照护中的核心地位，统筹考虑人－机－环境系统的整体效能，为智慧照护体系的顺利发展创造了全新的机遇。随着大数据时代的迅猛发展，人们对于智慧照护的运用只会增不会减。建议在今后的相关研究中进一步深入探索人因工效学与智慧照护服务结合的可行性及可能性，以促进智慧照护在老年人群中的发展与应用。

作者贡献：高艺恬提出文章整体构思，负责文章撰写工作；周婉琼、刘婧负责文献检索，资料收集工作；田静、汪秋伊负责文章修订，质量控制与审校工作；周兰姝对文章整体负责，监督管理。

本文无利益冲突。

参考文献

[1] DAI F L，LIU Y，JU M，et al. Nursing students' willingness to work in geriatric care: an integrative review[J]. Nurs Open，2021，8(5)：2061-2077. DOI：10.1002/nop2.726.

[2] 周兰姝. 我国老龄化背景下残疾态势分析及基于健康老龄化理论的预防策略思考[J]. 解放军护理杂志，2022，39(1)：1-3. DOI：10.3969/j.issn.1008-9993.2022.01.001.

[3] 王晓慧，向运华. 老年智慧照护服务体系探究[J]. 学习与实践，2019(5)：88-97. DOI：10.19624/j.cnki.cn42-1005/c.2019.05.010.

[4] 郝晓宁. 数字赋能智慧养老不断发展[J]. 中国信息界，2022，21(5)：36-39.

[5] 陈少杰，陈净莲. 人因工效学在ATS系统界面中的应用[J]. 设计，2018(5)：152-153.

[6] 王丽，高国强，侯雨潇，等. 人因学在骨科的应用与研究进展[J]. 中华骨与关节外科杂志，2021，14(10)：861-865，877. DOI：10.3969/j.issn.2095-9958.2021.10.10.

[7] 杨磊，王正伦. 加强工效学的应用研究[J]. 中华劳动卫生职业病杂志，2006，24(4)：193. DOI：10.3760/cma.j.issn.1001-9391.2006.04.001.

[8] ADAIR J G. The Hawthorne effect：a reconsideration of the methodological artifact[J]. J Appl Psychol，1984，69(2)：334-345. DOI：10.1037/0021-9010.69.2.334.

[9] 庞凌波. 高质量城镇化视角下的城市人因工程学："清华建筑思想论坛"第14期特别报道[J]. 世界建筑，2021(1)：128-129. DOI：10.16414/j.wa.2021.01.024.

[10] DUL J，NEUMANN W P. Ergonomics contributions to company strategies[J]. Appl Ergon，2009，40(4)：745-752. DOI：10.1016/j.apergo.2008.07.001.

[11] PROCTOR R W，ZANDT T V. Human factors in simple and complex systems[M]. Third Edition. Boca Ration：CRC Press，2018.

[12] 刘则渊，梁永霞，庞杰. 国际人因工程主流学术群体及其代表人物[J]. 科技管理研究，2007，27(7)：252-254. DOI：10.3969/j.issn.1000-7695.2007.07.092.

[13] 陈善广，李志忠，葛列众，等. 人因工程研究进展及发展建议[J]. 中国科学基金，2021，35(2)：203-212. DOI：10.16262/j.cnki.1000-8217.2021.02.007.
CHEN S G，LI Z Z，GE L Z，et al. Research progress and development suggestions on human factors engineering[J]. Bulletin of National Natural Science Foundation of China，2021，35(2)：203-212. DOI：10.16262/j.cnki.1000-8217.2021.02.007.

[14] CARAYON P，WETTERNECK T B，RIVERA-RODRIGUEZ A J，et al. Human factors systems approach to healthcare quality and patient safety[J]. Appl Ergon，2014，45(1)：14-25. DOI：10.1016/j.apergo.2013.04.023.

[15] HOLDEN R J，CARAYON P，GURSES A P，et al. SEIPS 2.0：a human factors framework for studying and improving the work of healthcare professionals and patients[J]. Ergonomics，2013，56(11)：1669-1686. DOI：10.1080/00140139.2013.838643.

[16] 吴超. 用人机工程学视角审视安全[J]. 现代职业安全，2017(12)：37. DOI：10.3969/j.issn.1671-4156.2017.12.016.

[17] YEH P C. Impact of button position and touchscreen font size on healthcare device operation by older adults[J]. Heliyon，2020，6(6)：e04147. DOI：10.1016/j.heliyon.2020.e04147.

[18] 刘敬东，赵天虹. 基于老年人特征的老年公寓室内空间设计[J]. 设计，2022，35(16)：136-138. DOI：10.3969/j.issn.1003-0069.2022.16.024.

[19] KIM B Y，LEE J. Smart devices for older adults managing chronic disease：a scoping review[J]. JMIR Mhealth Uhealth，2017，5(5)：e69. DOI：10.2196/mhealth.7141.

[20] 郑璐，李明珠，黄黎清，等. 移动应用适老化设计策略[J]. 老龄科学研究，2022，10（7）：28-39. DOI：10.3969/j.issn.2095-5898.2022.07.004.

[21] WILDENBOS G A，JASPERS M W M，SCHIJVEN M P，et al. Mobile health for older adult patients：using an aging barriers framework to classify usability problems[J]. Int J Med Inform，2019，124：68-77. DOI：10.1016/j.ijmedinf.2019.01.006.

[22] 蔡明，胡卿茹，贾世豪，等. 社区老年人轻度认知障碍筛查量表应用策略研究[J]. 中国全科医学，2022，25（25）：3191-3195. DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2022.0274.
CAI M，HU Q R，JIA S H，et al. Strategy for the choice of appropriate mild cognitive impairment screening scales for community-dwelling older adults[J]. Chinese General Practice，2022，25（25）：3191-3195. DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2022.0274.

[23] MOREY S A，BARG-WALKOW L H，ROGERS W A. Managing heart failure on the go：usability issues with mHealth apps for older adults[J]. Proc Hum Factors Ergon Soc Annu Meet，2017，61（1）：1-5. DOI：10.1177/1541931213601496.

[24] RYAN A A，MCCAULEY C O，LAIRD E A，et al. 'There is still so much inside'：the impact of personalised reminiscence，facilitated by a tablet device，on people living with mild to moderate dementia and their family carers[J]. Dementia（London），2020，19（4）：1131-1150. DOI：10.1177/1471301218795242.

[25] LUGER T M，HOUSTON T K，SULS J. Older adult experience of online diagnosis：results from a scenario-based think-aloud protocol[J]. J Med Internet Res，2014，16（1）：e16. DOI：10.2196/jmir.2924.

[26] 朱丽娟. 社区老年人轻度认知障碍疾病认知水平及影响因素分析[J]. 中国社区医师，2022，38（27）：144-146.

[27] 葛剑力，耿莎莎，陈昕，等. 智慧医疗背景下社区老年听力损失筛查软件开发及验证[J]. 中国全科医学，2023，26（2）：201-209. DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2022.0380.
GE J L，GENG S S，CHEN X，et al. Development and validation of hearing loss screening software for the elderly in the community in the context of smart medicine[J]. Chinese General Practice，2023，26（02）：201-209. DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2022.0380.

[28] ANG S，LIM E，MALHOTRA R. Health-related difficulty in Internet use among older adults：correlates and mediation of its association with quality of life through social support networks[J]. Gerontologist，2021，61（5）：693-702. DOI：10.1093/geront/gnaa096.

[29] WANG M C，FAN H，YU S H，et al. Analysis of the auricles and auricular shape types for ear-related wearables：a study of mainland Chinese sample aged 15-79[J]. Work，2022，73（1）：335-352. DOI：10.3233/WOR-210799.

[30] FUGLERUD K S，CHAN R，SØRLI H T. Studying older people with visual impairments using mainstream smartphones with the aid of the EziSmart keypad and apps[J]. Stud Health Technol Inform，2018，256：802-810.

[31] 谭清武，刘艳如，赵肖. 人口老龄化社会高龄老人健康管理的探索与思考[J]. 中国老年保健医学，2022，20（5）：141-143. DOI：10.3969/j.issn.1672-2671.2022.05.036.
TAN Q W，LIU Y R，ZHAO X. Exploration and thinking of health management for the elderly over 80 years old under the background of aging population[J]. Chinese Journal of Geriatric Care，2022，20（5）：141-143. DOI：10.3969/j.issn.1672-2671.2022.05.036.

[32] 杨飞，储彬林，徐为群，等. 失智症老年人认知评估及国内照护的研究进展[J]. 当代护士：上旬刊，2022，29（8）：31-34. DOI：10.19791/j.cnki.1006-6411.2022.22.007.

[33] 付昊. 基于人机工程学的老年人无动力下肢锻炼助行器设计研究[D]. 成都：西南交通大学，2015.

[34] STASI S，TSEKOURA M，GLIATIS J，et al. Motor control and ergonomic intervention home-based program：a pilot trial performed in the framework of the motor control home ergonomics elderlies' prevention of falls（McHeELP）project[J]. Cureus，2021，13（4）：e14336. DOI：10.7759/cureus.14336.

[35] 韩旭，徐泽宇. 适老化行动辅助产品设计[J]. 上海纺织科技，2020，48（8）：82. DOI：10.16549/j.cnki.issn.1001-2044.2020.08.036.

[36] ENGELSMA T，JASPERS M W M，PEUTE L W. Considerate mHealth design for older adults with Alzheimer's disease and related dementias（ADRD）：a scoping review on usability barriers and design suggestions[J]. Int J Med Inform，2021，152：104494. DOI：10.1016/j.ijmedinf.2021.104494.

[37] 邹丹丹，赵娟，王晨，等. 老年友善医院发展现状及推动策略分析[J]. 中国医院，2021，25（7）：1-5. DOI：10.19660/j.issn.1671-0592.2021.7.01.

[38] SHU Q F，LIU H. Application of artificial intelligence computing in the universal design of aging and healthy housing[J]. Comput Intell Neurosci，2022，2022：4576397. DOI：10.1155/2022/4576397.

[39] KING E C，BOSCART V M，WEISS B M，et al. Assisting frail seniors with toileting in a home bathroom：approaches used by home care providers[J]. J Appl Gerontol，2019，38（5）：717-749. DOI：10.1177/0733464817702477.

[40] OTTO A K，PIETSCHMANN J，APPELLES L M，et al. Physical activity and health promotion for nursing staff in elderly care：a study protocol for a randomised controlled trial[J]. BMJ Open，2020，10（10）：e038202. DOI：10.1136/bmjopen-2020-038202.

[41] 袁乾，李映兰. 护理人员腰背痛的职业原因及国外干预进展[J]. 护理研究，2018，32（12）：1843-1845. DOI：10.12102/j.issn.1009-6493.2018.12.006.

[42] FERRONE A，NAPIER C，MENON C. Wearable technology to increase self-awareness of low back pain：a survey of technology needs among health care workers[J]. Sensors（Basel），2021，21（24）：8412. DOI：10.3390/s21248412.

[43] 刘珍，张艳，余自娟，等. 远程照护评估工具及评价指标的研究进展[J]. 护理研究，2019，33（19）：3371-3374. DOI：10.12102/j.issn.1009-6493.2019.19.015.

[44] MAIR F，FINCH T，MAY C，et al. Perceptions of risk as a barrier to the use of telemedicine[J]. J Telemed Telecare，2007，13（1_suppl）：38-39. DOI：10.1258/135763307781645158.

[45] DÉSORMEAUX-MOREAU M，MICHEL C M，VALLIÈRES M，et al. Mobile apps to support family caregivers of people with alzheimer

disease and related dementias in managing disruptive behaviors: qualitative study with users embedded in a scoping review [J]. JMIR Aging, 2021, 4(2): e21808. DOI: 10.2196/21808.

[46] VAN DER CAMMEN T J M, WANG G B, ALBAYRAK A. Where ergonomics meets geriatrics: the connection between comprehensive geriatric assessment and design for ageing [J]. Eur Geriatr Med, 2019, 10(3): 333-335. DOI: 10.1007/s41999-019-00171-7.

[47] 张慧颖，刘彦. 护士职业性肌肉骨骼疾患的工效学研究进展[J]. 循证护理, 2021, 7(9): 1173-1176. DOI: 10.12102/j.issn.2095-8668.2021.09.006.

（收稿日期：2022-12-07；修回日期：2023-03-12）

（本文编辑：贾萌萌）